



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 298 16 561 U 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 K 29/00**  
H 02 K 1/27

②① Aktenzeichen:	298 16 561.9
②② Anmeldetag:	15. 9. 98
②① Eintragungstag:	17. 12. 98
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	4. 2. 99

**DE 298 16 561 U 1**

⑦③ **Inhaber:**  
Wang, Yu-Yan, Chlayl, TW; Lin, Shou-Mei,  
Taipeh/T'ai-pei, TW

⑦① **Vertreter:**  
Patentanwälte Eder & Schieschke, 80796 München

⑤④ **Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps**

**DE 298 16 561 U 1**

DE 298 16 561 U 1 (1999) 11 40 12500  
NORMALE LÖTUNG: 1.1.1.  
B. F. 1333  
F-55013 Colmar

## DOPPELSEITIGER BÜRSTENLOSER GLEICHSTROMMOTOR MIT NE-KERN UND AXIALEM MAGNETFELD DES DAUERMAGNETTYPES

Die vorliegende Erfindung betrifft einen bürstenlosen Gleichstrommotor mit NE-Kern  
5 und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps und insbesondere einen solchen Gleichstrommotor, der für den Betrieb bei mittleren und niedrigen Drehzahlen, hohem Drehmoment und hoher Ausgangsleistung geeignet ist.

10 Normale bürstenlose Gleichstrommotoren mit NE-Kern des Dauermagnettyps haben im allgemeinen Wicklungen (Spulen oder gedruckte Schaltungen) an einer Seite, die an einer Seite axiale magnetische Felder bilden. Wird ein Gleichstrommotor dieses Typs verwendet, wird er durch ein elektronisches Zweiphasensteuerungssystem mit vier Leitungen und vier Zuständen gesteuert, d.h. der elektrische Strom wird veranlaßt,  
15 seine Richtung bei der Phasendifferenz von  $180^\circ$  umzukehren. Da die Wicklungen nur auf einer Seite magnetische Felder induzieren, wird der Rotor oder Stator nur von einer Seite aus mit Kraft beaufschlagt, wodurch eine instabile Rotation verursacht wird. Da der elektrische Strom veranlaßt wird, seine Richtung bei der Phasendifferenz von  $180^\circ$  umzukehren, nutzt die magnetische Repulsion von den einseitigen Wicklungen,  
20 die an einer Seite der Dauerstahlmagneten wirkt, nur 50% der elektromagnetischen Felder, und das abgegebene Drehmoment ist begrenzt. Des weiteren kann diese Phasendifferenz von  $180^\circ$  bewirken, daß der Motor bei einem bestimmten Winkel nicht mehr gut arbeitet, oder daß der Motor bei Betrieb mit niedriger Drehzahl in Vibrationen versetzt wird.

25 Die vorliegende Erfindung stellt einen doppelseitigen bürstenlosen Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps bereit, der die oben genannten Probleme beseitigt. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen doppelseitigen bürstenlosen Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld

des Dauermagnettyps bereitzustellen, der zum Zwecke eines ruhigen Betriebs gleichmäßig von beiden Seiten mit Kraft beaufschlagt wird, der die elektromagnetischen Felder an zwei gegenüberliegenden Seiten voll nutzt, um ein hohes abgegebenes Drehmoment bereitzustellen, und der Probleme durch Vibrationen und Totzonen beseitigt.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist der doppelseitige bürstenlose Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps eine Welle, eine erste Elektromagneteinheit und eine zweite Elektromagneteinheit, die parallel zueinander um die Welle angeordnet sind, und eine Dauermagneteinheit auf, die um die Welle und parallel zur ersten und zweiten Elektromagneteinheit angeordnet ist.

Die Dauermagneteinheit kann relativ zur ersten und zweiten Elektromagneteinheit um diese rotieren und weist eine Vielzahl Dauerstahlmagnete auf, die winkelig um die Welle angeordnet sind und deren Magnetisierungsrichtung parallel zur Welle verläuft. Jeweils zwei benachbarte Dauerstahlmagnete der Dauermagneteinheit sind mit umgekehrter Magnetisierungsrichtung angeordnet.

Die erste und die zweite Elektromagneteinheit sind jeweils um die Welle an zwei gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit angeordnet und werden an einer relativen Bewegung gehindert. Erste und zweite elektromagnetische Bereiche sind jeweils an der ersten und der zweiten Elektromagneteinheit vorgesehen.

Die Anzahl der ersten elektromagnetischen und der zweiten elektromagnetischen Bereiche ist gleich der Anzahl der Dauerstahlmagnete der Dauermagneteinheit. Jeweils zwei benachbarte erste elektromagnetische Bereiche oder jeweils zwei benachbarte zweite elektromagnetische Bereiche haben umgekehrte Magnetisierungsrichtungen, die abwechselnd geändert werden.

Die ersten und zweiten elektromagnetischen Bereiche sind auf versetzte Weise angeordnet. Die Phasendifferenz zwischen den ersten und den zweiten elektromagnetischen Bereichen beträgt  $90^\circ$ . Da die Dauermagneteinheit durch die magnetische Repulsionskraft von den Elektromagneteinheiten an zwei gegenüberliegenden Seiten gleichmäßig beaufschlagt wird, ist die Rotation der Dauermagneteinheit stabiler.

Da die elektromagnetischen Bereiche der Elektromagneteinheiten auf versetzte Weise angeordnet sind, werden die von den elektromagnetischen Bereichen verursachten elektromagnetischen Felder voll genutzt, um ein hohes abgegebenes Drehmoment zu erzielen. Da die Phasendifferenz zwischen den ersten und zweiten elektromagnetischen Bereichen  $90^\circ$  beträgt, sind Probleme bezüglich Vibrationen und Totzonen während des Motorbetriebs ausgeschaltet.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Welle mit mindestens einem Lager ausgerüstet, das den Dauermagneten drehbar auf der Welle lagert, und mit mindestens einer Buchse, die die erste und zweite Elektromagneteinheit fest auf der Welle hält, wodurch die Dauermagneteinheit relativ zu den Elektromagneteinheiten um die Welle rotieren kann.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist an der Welle mindestens eine Buchse montiert, die den Dauermagneten fest auf der Welle hält, und mindestens ein Lager, das die erste und zweite Elektromagneteinheit drehbar auf der Welle lagert. Deshalb können die beiden Elektromagneteinheiten relativ zur Dauermagneteinheit um die Welle rotieren.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung können die Dauermagneteinheit und die Elektromagneteinheiten wie eine Scheibe geformt sein. Die Dauermagneteinheit und die Elektromagneteinheiten sind wie eine Scheibe geformt.

gnete der Dauermagneteinheit und die elektromagnetischen Bereiche der Elektromagneteinheiten können ungeradzahlig oder geradzahlig sein. Magnetisch leitende Stahlabdeckungen können jeweils auf einer Außenseite gegenüber der Dauermagneteinheit angebracht werden.

5

Die Dauerstahlmagneten können an der Dauermagneteinheit verklebt oder in dieser eingebettet oder vergossen werden und gleichwinklig um die Mitte der Dauermagneteinheit angeordnet werden.

10

Die Dauermagneteinheit wird vorzugsweise wie folgt hergestellt: Vorbereiten nicht magnetisierter Stahlelemente in einer Form, danach Anformen einer Abdeckung an jedem Stahlelement aus Aluminiumlegierung, technischen Kunststoffen, BMC, DMC, Duroplasten oder jedem anderen geeigneten Material, das nicht magnetisch leitfähig ist, und dann Magnetisieren der vergossenen Elemente nach der Oberflächenbehandlung.

15

Die elektromagnetischen Bereiche an den Elektromagneteinheiten können Spulenwicklungen, gedruckte Schaltungen oder entsprechende Elemente sein. Im installierten Zustand werden die Wicklungen mit elektrisch isolierendem, wasserdichtem, säure- und laugenbeständigem Material versiegelt, um eine Verschiebung während des Motorbetriebs zu verhindern.

20

Die Vorteile und Merkmale der Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen ersichtlich; es zeigen:

25

Fig. 1 eine Schnittansicht eines Gleichstrommotors gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Explosionsansicht der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 die Beziehung zwischen der ersten und der zweiten Elektromagneteinheit gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Zeichnung zur Erläuterung der Linke-Hand-Regel;

Fig. 5 bis 8 Schnittansichten eines PP-Profiles, die den Betrieb der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verdeutlichen; und

Fig. 9 eine Schnittansicht eines Gleichstrommotors gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Wie aus Fig. 1 und 2 ersichtlich ist, weist ein Gleichstrommotor gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine stehende Welle 1, zwei Buchsen 11 und zwei Axiallager 12 auf, die auf der Welle 1 montiert sind. Eine erste Elektromagneteinheit 3, eine Dauermagneteinheit 2 und eine zweite Elektromagneteinheit 4 sind auf der Welle 1 in der richtigen Reihenfolge und parallel zueinander angeordnet. Die Elektromagneteinheiten 3, 4 und der Dauermagneteinheit 2 sind jeweils wie eine Scheibe geformt.

Die Dauermagneteinheit 2 sitzt auf den Lagern 12, wobei sie mittels am Umfang befindlichen Montagetasen 22 fest an einem Gehäuse 9 befestigt ist. Das Gehäuse 9 kann sich deshalb mit der Dauermagneteinheit 2 um die Welle 1 drehen.

Das Gehäuse 9 kann beispielsweise die Radnabe eines motorgetriebenen Zweirades sein. Die Dauermagneteinheit 2 weist 24 Dauerstahlmagnete 21 auf, die winkelig

um diese und abstandsgleich zu ihrer Mitte angeordnet sind. Jeweils zwei benachbarte Dauerstahlmagnete 21 sind in umgekehrter Magnetisierungsrichtung angeordnet.

5 Magnetisch leitfähige Stahlabdeckungen 35, 45 decken jeweils die erste und die zweite Elektromagneteinheit 3, 4 an einer Außenseite ab, und dann werden die Elektromagneteinheiten 3, 4 mit den entsprechenden Stahlabdeckungen 35, 45 jeweils fest in den Buchsen 11 um die Welle 1 an zwei gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit 2 montiert.

10 Im eingebauten Zustand können die erste und die zweite Elektromagneteinheit 3 und 4 nicht relativ zueinander bewegt werden, und die Dauermagneteinheit 2 kann relativ zu den Elektromagneteinheiten 3, 4 um die Welle 1 rotieren.

15 Die Elektromagneteinheiten 3, 4 sind an zwei gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit 2 angeordnet und haben jeweils 24 Bereiche. Ein Bereich der Elektromagneteinheit 3 oder 4 ist mit einem Sensor (Lochfühler) 39 oder 49 versehen. Die anderen 23 Bereiche der Elektromagneteinheit 3 oder 4 sind jeweils mit einer Spulenwicklung 32 oder 42 versehen, die erste oder zweite elektromagnetische Bereiche 31 oder 41 bilden.

20

Wie aus Fig. 3 und erneut aus Fig. 1 und 2 ersichtlich ist, sind die Spulenwicklungen 32, 42 jeweils auf den Elektromagneteinheiten 3, 4 an einer Innenseite gewickelt und mit elektrisch isolierendem Material versiegelt, und gegenüberliegende Enden der Spulenwicklungen 32, 42 sind jeweils mit Plattenelektroden 33, 34; 43, 44 an verschiedenen radialen Stellen verbunden, so daß die Versorgungsspannung über Spannungsanschlüsse 331, 341; 421, 441 an die Spulenwicklungen 32, 42 geführt werden kann.

25

Die Richtung des elektrischen Stroms zu jedem zweier benachbarter zweiter elektromagnetischer Bereiche 41 ist umgekehrt, weshalb die Richtung der magnetischen Induktion an jedem zweier benachbarter zweiter elektromagnetischer Bereiche 41 umgekehrt ist. Des weiteren kehrt der elektrische Strom seine Richtung in regelmäßigen durch den Sensor 49 gesteuerten Intervallen um, wenn er durch die zweiten elektromagnetischen Bereich 41 fließt. Die Spulenwicklungen 32 der ersten elektromagnetischen Bereiche 31 arbeiten auf die gleiche Weise.

Fig. 3 zeigt außerdem die relative Beziehung zwischen der ersten Elektromagneteinheit 3 und der zweiten Elektromagneteinheit 4. In Fig. 3 ist die Dauermagneteinheit 2 nicht dargestellt. Wie dargestellt sind die ersten elektromagnetischen Bereiche 31 und die zweiten elektromagnetischen Bereiche 41 versetzt angeordnet, d.h. die ersten elektromagnetischen Bereiche 31 sind jeweils auf die Zwischenräume zwischen je zwei benachbarten zweiten elektromagnetischen Bereiche 41 gerichtet.

Entsprechend der vorliegenden Ausführungsform beträgt der Teilungswinkel zwischen je zwei benachbarten zweiten elektromagnetischen Bereichen 41  $15^\circ$  ( $360 : 24 = 15^\circ$ ), und jeder erste elektromagnetische Bereich 31 ist auf die Mitte zwischen jeweils zwei benachbarten zweiten elektromagnetischen Bereichen 41 gerichtet, d.h. die ersten elektromagnetischen Bereiche 31 haben von den zweiten elektromagnetischen Bereichen 41 jeweils einen Abstand von  $7,5^\circ$ .

Das Funktionsprinzip der vorliegenden Erfindung entspricht der grundlegenden in Fig. 4 dargestellten "Linke-Hand-Regel". Fließt elektrischer Strom I in einer Spulenwicklung 42 nach oben, wird die Spulenwicklung 42 aufgrund der Wirkung des Magnetfeldes B des Dauermagneten 21 mit einer Kraft F beaufschlagt. Da die Spulenwicklungen 32, 42 jeweils fest auf der ersten Elektromagneteinheit 3 und der zweiten Elektromagneteinheit 4 befestigt sind und relativ zur Welle 1 unbeweglich gehalten



werden, werden die Dauerstahlmagneten 21 durch die Gegenkraft der Kraft F in Richtung M verschoben.

Fig. 5 bis 8 veranschaulichen die Funktionsweise der vorliegenden Erfindung, wobei das Symbol  $\odot$  die Richtung des elektrischen Strom I zum Betrachter und das Symbol  $\otimes$  die Richtung des elektrischen Stroms I vom Betrachter weg kennzeichnet. In Fig. 5 befindet sich der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 in der ersten Position, wobei sein Nordpol N auf einen darüber liegenden ersten elektromagnetischen Bereich 31 gerichtet ist, in dem der elektrische Strom I zum Betrachter fließt, wodurch der Dauermagnet 21 aufgrund der Linke-Hand-Regel nach rechts verschoben wird.

Nach der Verschiebung in die in Fig. 6 dargestellte zweite Position ist der Südpol S des mit A gekennzeichneten Dauermagneten 21 auf einen darunter liegenden zweiten elektromagnetischen Bereich 41 gerichtet, in dem der elektrische Strom I zum Betrachter fließt, wodurch der Dauermagnet 21 aufgrund der Linke-Hand-Regel ständig nach rechts verschoben wird. Wird der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 in die in Fig. 7 dargestellte dritte Position verschoben, wird der entsprechende erste elektromagnetische Bereich 31 durch ein Steuersignal vom Sensor 39 angesteuert, um die Phase zu ändern, und der elektrische Strom I fließt durch den ersten elektromagnetischen Bereich 31 in Richtung des Betrachters, wodurch der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 aufgrund der Linke-Hand-Regel ständig nach rechts verschoben wird.

Wird der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 in die in Fig. 8 dargestellte vierte Position verschoben, wird der entsprechende zweite elektromagnetische Bereich 41 durch ein Steuersignal vom Sensor 49 angesteuert, um die Phase zu ändern, und der elektrische Strom I fließt durch den zweiten elektromagnetischen Bereich 41 in Richtung des Betrachters, wodurch der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 aufgrund der Linke-Hand-Regel ständig nach rechts verschoben wird.

Wird der mit A gekennzeichnete Dauermagnet 21 in eine nächste Position verschoben, wird der entsprechende erste elektromagnetische Bereich 31 durch den Sensor 39 angesteuert, um die Phase erneut zu ändern, wodurch der Dauermagnet 21 ständig nach  
5 rechts verschoben wird. Diese Schritte werden immer wieder wiederholt. Die Phasendifferenz der ersten elektromagnetischen Bereiche 31 oder der zweiten elektromagnetischen Bereiche 41 beträgt  $180^\circ$ , die Phasendifferenz zwischen den ersten elektromagnetischen Bereichen 31 und den zweiten elektromagnetischen Bereichen 41 beträgt jedoch  $90^\circ$ , wodurch die Dauerstahlmagneten 21 der Dauermagneteinheit 2  
10 ständig rotieren können.

Da die erste und die zweite Elektromagneteinheit 3 und 4 an zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit 2 angeordnet sind, wird die Dauermagneteinheit 2 gleichmäßig von beiden Seiten mit Repulsionskraft beaufschlagt und  
15 kann ruhig rotieren. Da die ersten und die zweiten elektromagnetischen Bereiche 31 und 41 versetzt angeordnet sind, kann die Dauermagneteinheit 2 abwechselnd voll durch die Spulenwicklungen der elektromagnetischen Bereiche 31, 41 zu beiden Seiten induziert werden, und es wird ein hohes abgegebenes Drehmoment erzielt. Da außerdem die ersten und die zweiten elektromagnetischen Bereiche 31 und 41 veranlaßt  
20 werden, bei einer Phasendifferenz von  $90^\circ$  abwechselnd die Phase zu ändern, werden Probleme aufgrund von Vibrationen und Totzonen während des Motorbetriebs ausgeschaltet.

Fig. 9 zeigt eine alternative Form der vorliegenden Erfindung. Entsprechend dieser  
25 alternativen Form ist die Dauermagneteinheit 2 fest auf den Buchsen 11 montiert, und die erste sowie die zweite Elektromagneteinheit 3 und 4 sind jeweils von den Lagern 12 an zwei gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit 2 gelagert. Die Dau-

15-00-98

10

ermagneteinheit 2 kann deshalb mit der Welle 1 relativ zu den Elektromagneteinheiten 3, 4 rotieren. Dieses Konzept stellt den sog. "Axialwellen-Drehmotor" dar.

Schutzansprüche

- 5 1. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps, der folgendes aufweist:

10 eine Welle (1), eine erste Elektromagneteinheit (3) und eine zweite Elektromagneteinheit (4), die parallel zueinander um die Welle (1) angeordnet sind, und eine Dauermagneteinheit (2), die um die Welle (1) und parallel zur ersten und zweiten Elektromagneteinheit (3, 4) angeordnet ist,

15 wobei die Dauermagneteinheit (2) um die erste und zweite Elektromagneteinheit (3, 4) rotieren kann und eine Vielzahl Dauerstahlmagnete (21) aufweist, die winkelig um ihre Mitte angeordnet sind und deren Magnetisierungsrichtung parallel zur Welle (1) verläuft,

20 jeweils zwei benachbarte Dauerstahlmagnete (21) der Dauermagneteinheit (2) mit umgekehrter Magnetisierungsrichtung angeordnet sind, die erste und die zweite Elektromagneteinheit (3, 4) jeweils um die Welle (1) an zwei gegenüberliegenden Seiten der Dauermagneteinheit (2) angeordnet sind und an einer relativen Bewegung gehindert werden,

25 erste und zweite elektromagnetische Bereiche (31, 41) jeweils an der ersten und der zweiten Elektromagneteinheit (3, 4) vorgesehen sind,

die Anzahl der ersten elektromagnetischen und der zweiten elektromagnetischen Bereiche (31, 41) gleich ist der Anzahl der Dauerstahlmagnete (21) der Dauermagneteinheit (2),

- 5 jeweils zwei benachbarte erste elektromagnetische Bereiche (31) oder jeweils zwei benachbarte zweite elektromagnetische Bereiche (41) umgekehrte Magnetisierungsrichtungen haben, die abwechselnd geändert werden,

- 10 die ersten und zweiten elektromagnetischen Bereiche (31, 41) auf versetzte Weise angeordnet sind und die Phasendifferenz zwischen den ersten und den zweiten elektromagnetischen Bereichen (31, 41)  $90^\circ$  beträgt.

2. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps nach Anspruch 1, bei dem die Welle (1) mit mindestens einem Lager (12) versehen ist, das die Dauermagneteinheit (2) drehbar auf der Welle (1) lagert, und mit mindestens einer Buchse (11), das die erste und die zweite Elektromagneteinheit (3, 4) fest auf der Welle (1) hält.

- 20 3. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps nach Anspruch 1, bei dem die Welle (1) mit mindestens einer Buchse (11) versehen ist, die die Dauermagneteinheit (2) fest auf der Welle (1) hält, und mit mindestens einem Lager (12), das die erste Elektromagneteinheit (3) und die zweite Elektromagneteinheit (4) drehbar auf der Welle (1) lagert.

- 25 4. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps nach Anspruch 1, bei dem die ersten elektromagnetischen Bereiche (31) und die zweiten elektromagnetischen Bereiche (41) jeweils aus einer Spule bestehen.

5. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps nach Anspruch 1,  
bei dem die ersten elektromagnetischen Bereiche (31) und die zweiten elektromagnetischen Bereiche (41) jeweils aus einer gedruckten Schaltung bestehen.
- 5
6. Doppelseitiger bürstenloser Gleichstrommotor mit NE-Kern und axialem Magnetfeld des Dauermagnettyps nach Anspruch 1, bei dem die Dauermagneteinheit (2) sowie die erste und zweite Elektromagneteinheit (3, 4) jeweils eine scheibenartige Form haben.

150998

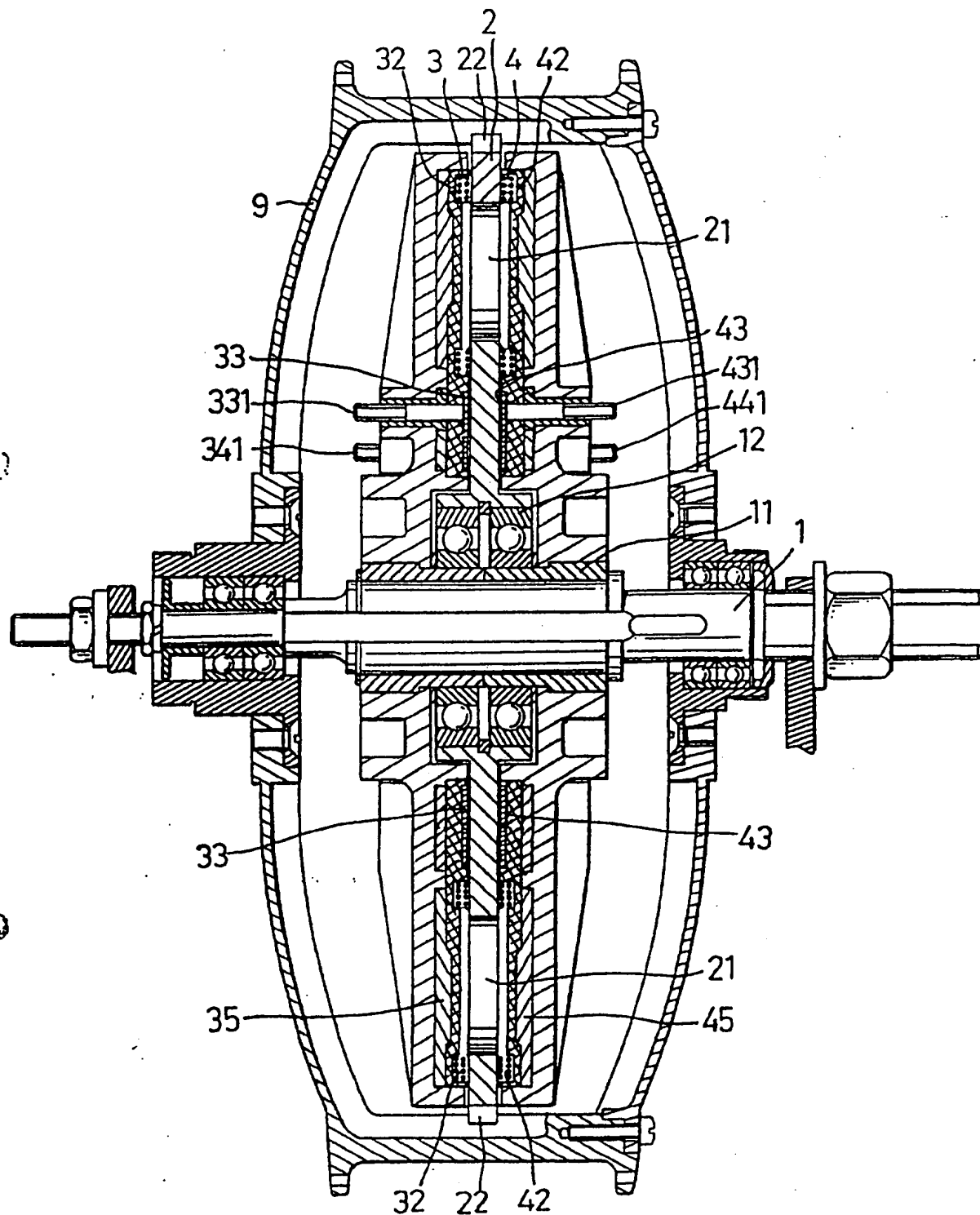


FIG. 1

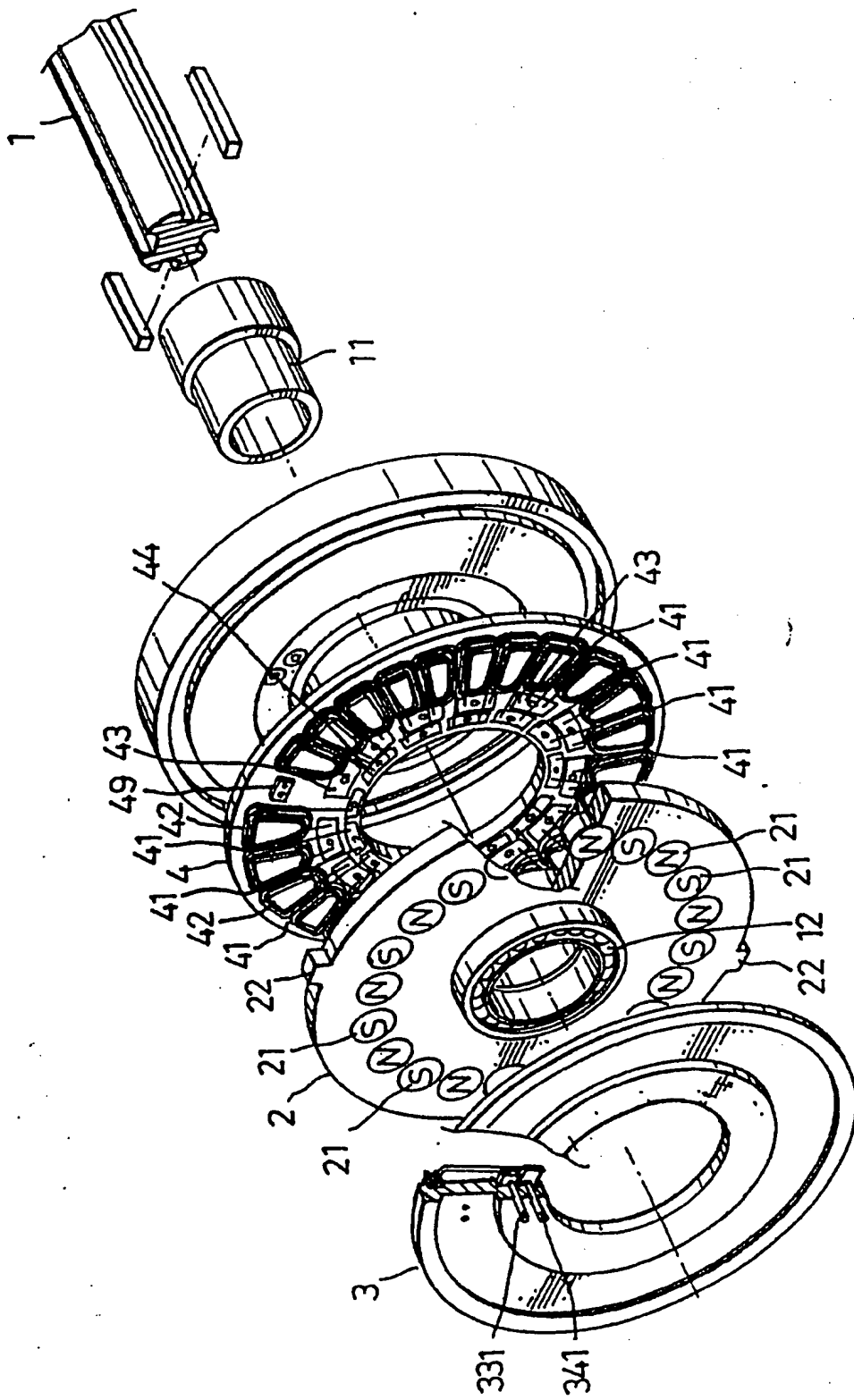


FIG.2



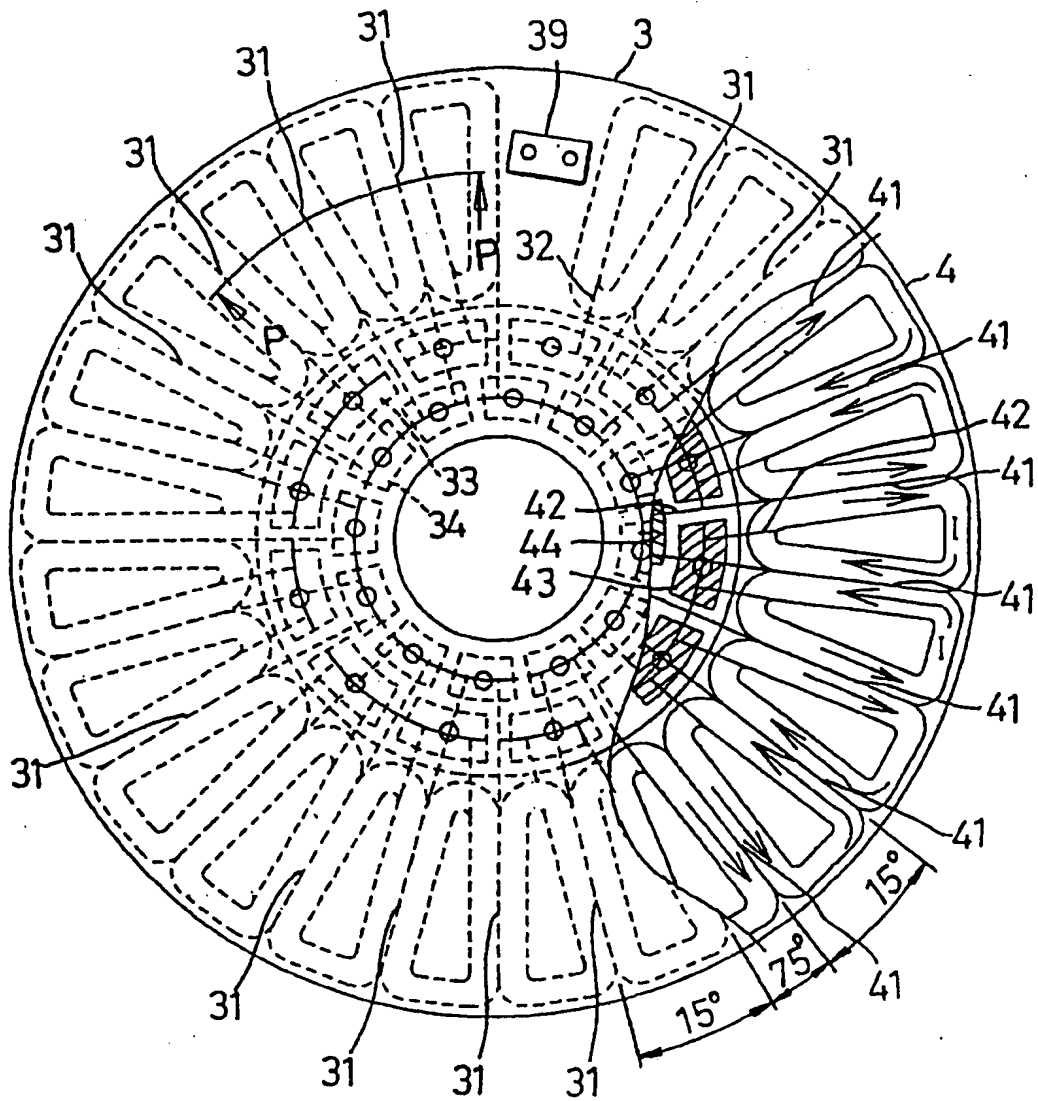


FIG. 3

15.09.98

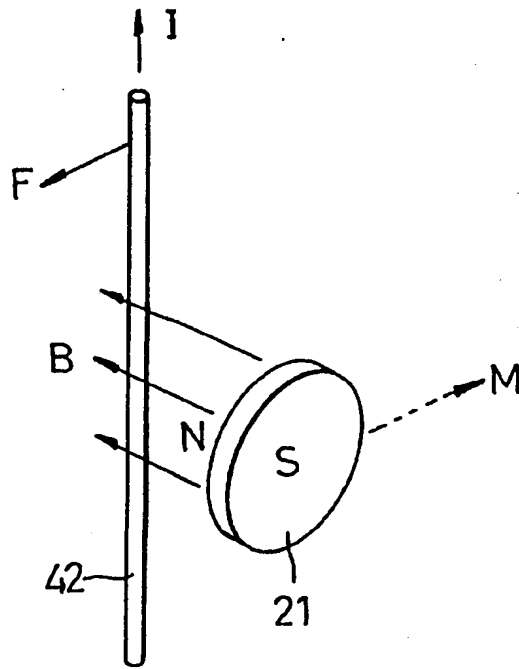


FIG. 4

15.09.99

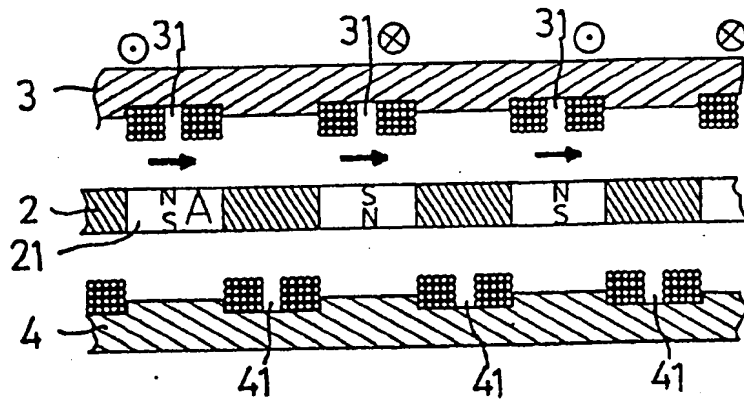


FIG. 5

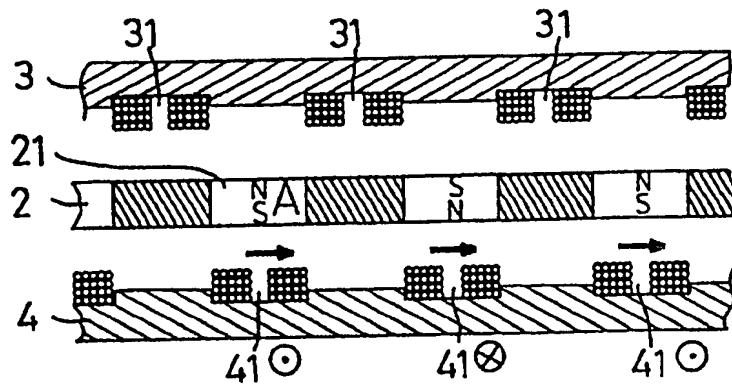


FIG. 6

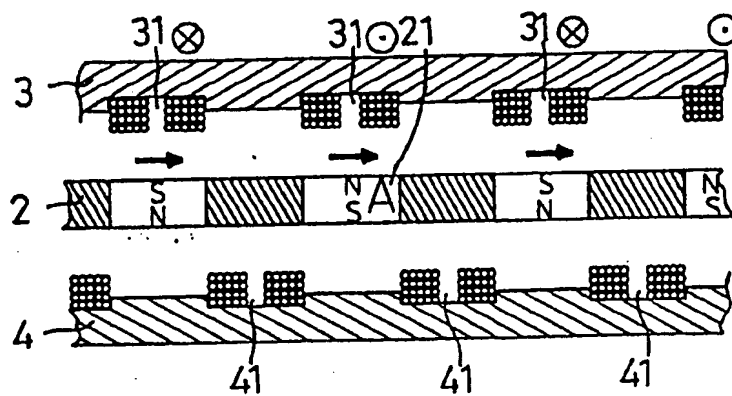


FIG. 7

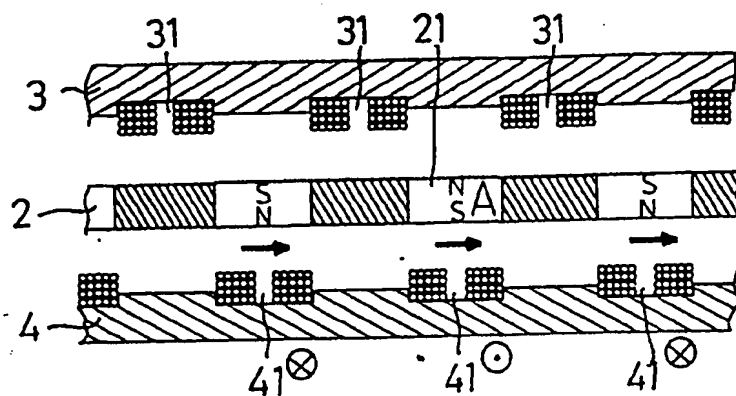


FIG. 8

15.09.98

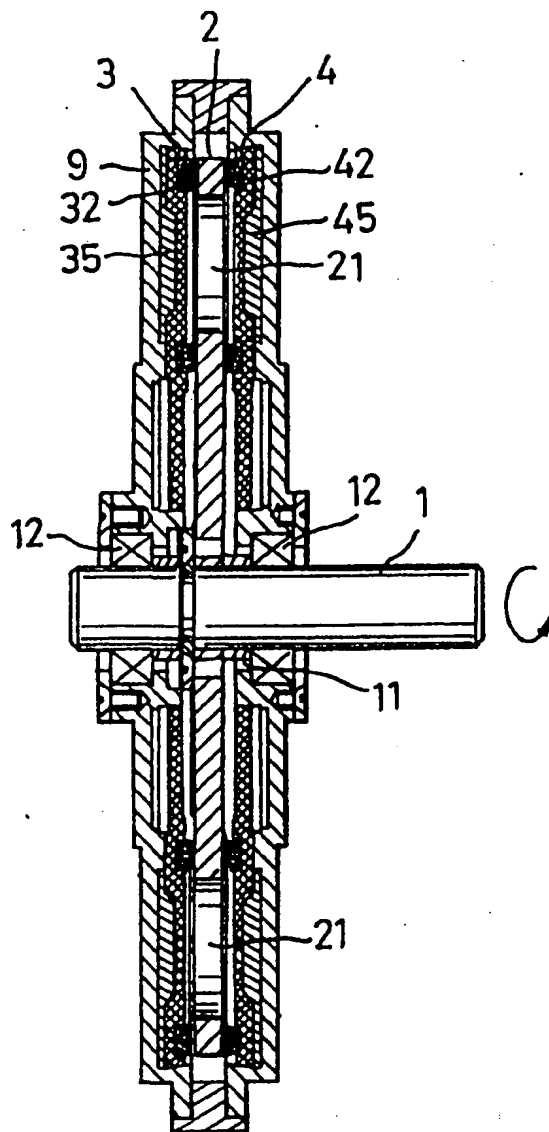


FIG. 9